

**CANON À ÉLECTRONS À ANODE FOCALISANTE, FORMANT UNE
FENÊTRE DE CE CANON, APPLICATION À L'IRRADIATION ET À
LA STÉRILISATION
DESCRIPTION**

5 DOMAINE TECHNIQUE

La présente invention concerne un canon à électrons dont l'anode est transparente aux électrons et constitue une fenêtre de ce canon.

Elle s'applique notamment :

- 10 - à la polymérisation de produits tels que les peintures, les vernis et les colles par exemple,
- à l'irradiation de surfaces,
- à la stérilisation d'objets, en particulier de composants d'emballages, tels que les
- 15 bouchons, les capsules, les bouteilles, les préformes, les pots, les films de thermoformage, les films d'operculage (films servant à obturer certains conteneurs) et les poches souples unitaires ou en boucles par exemple,
- 20 - à la soudure par bombardement électronique,
- au traitement de décontamination des aliments et
- aux traitements thermiques tels que la
- 25 trempe et l'amorphisation par exemple.

Plus généralement, l'invention est utilisable pour toutes les applications de l'ionisation mettant en œuvre une faible énergie, apportée sous forme focalisée, ionisation du genre de celle que l'on

30 peut réaliser par laser.

ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE

On se reportera aux documents suivants :

[1] CA 1 118 180 A, « Process and apparatus
5 for cold-cathode electron-beam generation for
sterilization of surfaces and similar applications »,
invention de Richard N. Cheever

[2] US 4 721 967 A, « electron gun printer
10 having window sealing conductive plates », invention de
Michel Roche.

Le document [1] décrit un canon à électrons à
cathode froide. Ce canon comporte une fenêtre
15 conductrice qui constitue l'anode du canon et que
traversent les électrons pour irradier la surface d'un
objet ou stériliser ce dernier.

Le document [2] décrit une imprimante
comportant un canon à électrons et plusieurs fenêtres
20 formées par des plaques métalliques courbes, qui sont
transparentes aux électrons.

On sait donc obtenir un faisceau
d'électrons dans l'atmosphère, à l'extérieur de
l'enceinte du canon à électrons qui engendre ce
25 faisceau. Comme l'intérieur de cette enceinte est sous
vide, la fenêtre que traverse le faisceau d'électrons
doit résister à la pression atmosphérique.

Ce problème se pose tout particulièrement
lorsque l'on veut extraire des électrons de basse
30 énergie (inférieure ou égale à 500 keV) de l'enceinte,
puisque la fenêtre doit alors être très mince. Il faut

alors lui donner une forme courbe, par exemple cylindrique mais de préférence sphérique.

Cependant, un autre problème se pose : pour certaines irradiations par un faisceau d'électrons, il
5 est intéressant que ce dernier soit focalisé.

Cela est même indispensable dans certains cas où la géométrie du faisceau est importante pour irradier convenablement des objets, par exemple des capsules de bouteilles de lait, ou pour concentrer
10 l'énergie du faisceau en un point afin d'atteindre les très fortes densités de puissance qui sont requises dans le cas d'un soudage, d'un découpage ou d'un traitement de surface.

Mais on sait bien que, dans un canon à
15 électrons classique, les éléments de focalisation, comme d'ailleurs les éléments de déflexion et de transport du faisceau d'électrons, sont souvent très complexes et en tout cas encombrants.

20 EXPOSÉ DE L'INVENTION

La présente invention a pour but de remédier aux inconvénients précédents.

Elle a pour objet un canon à électrons, plus particulièrement un canon apte à fournir un
25 faisceau d'électrons de basse énergie (inférieure ou égale à 500 keV), ce canon comportant une fenêtre courbe, qui est transparente aux électrons, résiste à la pression atmosphérique et sert à la fois d'anode et d'électrode de focalisation.

30 Pour cette focalisation, l'invention exploite les propriétés optiques des surfaces courbes :

elle utilise la courbure que l'on donne à l'anode formant fenêtre (afin qu'elle résiste à la pression atmosphérique), en coopération avec une cathode également courbe.

5 De façon précise, la présente invention a pour objet un canon à électrons comprenant :

- une enceinte étanche, prévue pour être sous vide (« evacuated »),
 - une cathode qui est placée dans
10 l'enceinte et comporte une face émettrice, apte à émettre des électrons,
 - une anode constituant une fenêtre étanche, formée en regard de cette face émettrice dans l'une des parois de l'enceinte, et apte à laisser
15 passer les électrons émis par cette face émettrice, et
 - des moyens de polarisation ("biasing means") pour établir, entre l'anode et la cathode, une tension apte à accélérer ces électrons vers l'anode, les électrons ainsi accélérés formant un faisceau qui
20 traverse l'anode,
- ce canon à électrons étant caractérisé en ce que l'anode et la face émettrice présentent chacune une courbure, la courbure de l'anode lui permettant de résister à une différence de pression entre l'intérieur
25 et l'extérieur de l'enceinte et étant apte à coopérer avec la courbure de la face émettrice pour focaliser le faisceau d'électrons à l'extérieur de l'enceinte.

Selon un mode de réalisation préféré du canon à électrons objet de l'invention, la tension
30 établie entre l'anode et la cathode est apte à

communiquer aux électrons une énergie inférieure ou égale à 500 keV.

De préférence, la face émettrice de la cathode comporte une couche émettrice, apte à émettre
5 des électrons lorsqu'elle est chauffée, le canon à électrons comprenant en outre des moyens de chauffage de la cathode et donc de cette couche émettrice.

Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, ces moyens de chauffage comprennent un
10 filament apte à émettre des électrons lorsqu'il est chauffé et à bombarder la cathode par ces électrons, la cathode et donc la couche émettrice étant ainsi chauffées par bombardement électronique.

Selon un mode de réalisation particulier de
15 l'invention, l'anode et la face émettrice de la cathode forment des portions de sphères concentriques ou des portions de cylindres de révolution coaxiaux.

L'anode comprend de préférence une mince feuille métallique dont l'épaisseur peut être
20 inférieure à 50 micromètres.

Selon un mode de réalisation préféré du canon à électrons objet de l'invention, les moyens de polarisation sont prévus pour établir une tension pulsée entre l'anode et la cathode, en vue d'une
25 accélération des électrons en mode pulsé.

Dans ce cas, selon un mode de réalisation particulier correspondant au cas où les moyens de chauffage comprennent le filament, les moyens de polarisation sont prévus pour porter la cathode à une
30 haute tension pulsée négative par rapport à l'anode,

cette dernière étant mise à la masse, et ces moyens de polarisation comprennent :

- des moyens auxiliaires, aptes à fournir une tension pulsée négative, et

5 - un transformateur qui est apte à transformer cette tension pulsée négative en la haute tension pulsée négative,

ce transformateur comprenant un enroulement primaire, qui est relié aux moyens auxiliaires, et un
10 enroulement secondaire qui comporte trois conducteurs électriques, deux de ces conducteurs étant prévus pour le chauffage du filament et la polarisation de ce filament par rapport à la cathode, pour que les électrons émis par le filament atteignent cette
15 cathode, le troisième conducteur étant prévu pour porter la cathode à la haute tension pulsée négative.

De préférence, l'anode est pourvue de moyens de refroidissement.

Ces moyens de refroidissement comprennent
20 de préférence des moyens de projection d'un gaz sur au moins une partie de la périphérie de l'anode.

La présente invention concerne aussi une installation d'irradiation électronique d'au moins un objet, cette installation comprenant des moyens
25 d'irradiation de cet objet par un faisceau d'électrons focalisé, installation dans laquelle les moyens d'irradiation comprennent le canon à électrons objet de l'invention.

La présente invention concerne en outre une
30 installation de stérilisation électronique d'objets, notamment de composants d'emballage, cette installation

comprenant des moyens d'irradiation de ces objets par un faisceau d'électrons focalisé, installation dans laquelle les moyens d'irradiation comprennent le canon à électrons objet de l'invention.

5

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'exemples de réalisation donnés ci-après, à titre purement indicatif et nullement limitatif, en faisant référence aux dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 est une vue en coupe longitudinale schématique d'un mode de réalisation particulier du canon à électrons objet de l'invention,

15 - la figure 2 montre les variations, en fonction du temps t , d'une haute tension pulsée V_a que l'on peut appliquer à la cathode du canon à électrons de la figure 1, pour accélérer les électrons émis par cette cathode,

20 - la figure 3 illustre schématiquement l'accélération en mode diode que permet ce canon à électrons de la figure 1,

- la figure 4 est un schéma de moyens d'alimentation électrique du canon à électrons de la figure 1,

25 - la figure 5 illustre schématiquement une application d'un canon à électrons conforme à l'invention, à la stérilisation d'un film d'emballage,

30 - la figure 6 illustre schématiquement une application d'un canon à électrons conforme à

l'invention, à la stérilisation de composants d'emballage, tels que des capsules ou des bouchons, et - les figures 7 et 8 illustrent schématiquement d'autres applications de l'invention, au traitement d'objets dont les formes peuvent être complexes.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

Le canon à électrons conforme à l'invention, qui est schématiquement représenté en coupe sur la figure 1, comprend une enceinte étanche 2, qui est sous vide, ainsi qu'une anode 4 et une cathode 6. Cette dernière est placée dans l'enceinte 2 et comporte une face émettrice 8, apte à émettre des électrons.

L'anode 4 est formée dans l'une des parois de l'enceinte, en regard de cette face émettrice 8, et constitue une fenêtre étanche, transparente aux électrons. Ainsi laisse-t-elle passer ceux qui sont émis par la face émettrice.

Le canon à électrons comprend en outre des moyens d'alimentation électrique 10 permettant d'établir, entre l'anode 4 et la cathode 6, une tension V_a d'accélération, vers l'anode, des électrons émis par la cathode. Dans l'exemple de la figure 1, l'anode 4 est mise à la masse et la tension V_a est une haute tension pulsée négative qui est appliquée à la cathode.

Les électrons ainsi accélérés forment un faisceau 12 qui traverse l'anode 4 et se retrouve à l'extérieur de l'enceinte 2 c'est-à-dire dans l'air.

Conformément à l'invention, l'anode 4 et la face émettrice 8 présentent chacune une courbure. La courbure de l'anode lui permet de résister à la différence de pression entre l'intérieur de l'enceinte, qui est sous vide, et l'extérieur de cette enceinte, qui est à la pression atmosphérique. De plus, la courbure de l'anode coopère avec celle de la face émettrice pour focaliser le faisceau d'électrons 12 à l'extérieur de l'enceinte.

Dans l'exemple de la figure 1, la zone de focalisation 14, sur laquelle on reviendra par la suite, est ponctuelle ou rectiligne.

L'enceinte 2 assure l'étanchéité au vide, plus précisément au vide secondaire dans l'exemple, et comprend une première partie métallique 16, sensiblement cylindrique, par exemple en acier inoxydable, qui est mise à la masse et supporte l'anode 4, et une deuxième partie métallique 20, sensiblement annulaire, qui est reliée à la cathode 6 et donc à la haute tension pulsée négative V_a .

Dans l'exemple représenté, l'anode 4 est faite à partir d'une feuille métallique sur laquelle on reviendra par la suite. Le bord de cette feuille est immobilisé entre la partie métallique 16 et une pièce sensiblement annulaire 17.

Cette pièce 17 est serrée contre la partie métallique 16 par des vis 18. Du côté de cette partie 16 et de la pièce 17, l'étanchéité de l'enceinte est obtenue au moyen d'un joint métallique 19 par exemple en indium, qui est serré avec la feuille métallique,

entre cette dernière et la partie métallique 16, comme on le voit sur la figure 1.

La partie métallique 20 est fermée par une bride 21 qui constitue la paroi arrière de l'enceinte 2. Elle est opposée à la paroi qui porte l'anode 4, ou paroi avant. Des vis 22 permettent de serrer la bride 21 contre la partie métallique 20.

Du côté de cette partie 20, l'étanchéité de l'enceinte est obtenue au moyen d'un autre joint métallique 23 par exemple en indium, qui est serré entre la partie métallique 20 et la bride 21, comme on le voit sur la figure 1.

Le canon de la figure 1 est prévu pour fournir un faisceau d'électrons pulsé de basse énergie, ne dépassant pas 500 keV. À titre purement indicatif et nullement limitatif, on produit un faisceau de 250 keV, dont la puissance vaut 5 kW.

La cathode 6 comprend une pièce métallique 24, par exemple en nickel, dont la face tournée vers l'anode constitue la face 8 qui émet les électrons. Pour ce faire, on a déposé sur cette face 8 une mince couche 26 de quelques dizaines de millimètres d'épaisseur, qui émet des électrons lorsqu'elle est chauffée et qui est par exemple constituée d'un mélange de poudre de nickel et de carbonate de baryum fritté.

À titre purement indicatif et nullement limitatif, on utilise de 5% à 10% de BaCO_3 en volume, que l'on fritte à 1000°C sous atmosphère d'hydrogène.

On prévoit des moyens 28 de chauffage de la pièce 24 et donc de la couche 26. Dans l'exemple, ce sont des moyens de chauffage par bombardement

électronique, comprenant un filament 30, par exemple en tungstène, qui émet des électrons lorsqu'il est chauffé.

Deux traversées étanches 34 et 35, du type
5 céramique-métal, sont soudées sur la bride 21 et permettent l'alimentation électrique du filament 30 respectivement par l'intermédiaire de tiges métalliques 36 et 38, comme on le voit sur la figure 1.

Le filament 30, qui est en regard de la
10 pièce 24, est supporté par des vis en céramique telles que les vis 40 et 42, permettant d'isoler électriquement le filament de la cathode. Ce filament est bien entendu continu mais, sur la figure 1, seules ses deux extrémités sont visibles, le reste s'étendant
15 "derrière" le plan de la figure.

Comme on le voit, la cathode comprend une autre pièce 44 en acier inoxydable, pourvue de trous d'évent 46 et fixée, d'un côté, à la pièce 24, par exemple au moyen d'une soudure par points 45 de type
20 TIG, et de l'autre côté, à la bride 21.

La pièce 44 porte les vis en céramique telles que les vis 40 et 42, est creuse et traversée par les tiges 36 et 38 dont elle est électriquement
isolée par une bague en céramique 48, comme on le voit
25 sur la figure 1.

L'isolation électrique du filament 30 par rapport à la cathode 6 et donc par rapport à la pièce 24 en nickel permet d'appliquer, entre cette dernière et le filament, une tension de polarité convenable pour
30 bombarder et donc chauffer la pièce 24 par les électrons émis par le filament.

Dans l'exemple, ce dernier est polarisé (« biased ») négativement, à -500 V, par rapport à la cathode.

L'enceinte 2 comporte une troisième partie
5 50, sensiblement en forme de manchon, qui constitue un isolateur électrique supportant la haute tension et par l'intermédiaire de laquelle les parties 16 et 20 de l'enceinte sont rendues solidaires l'une de l'autre. On utilise de préférence un isolateur en céramique, par
10 exemple en alumine.

Aux deux extrémités de cet isolateur, des brasures 52 de type céramique-métal assurent l'étanchéité de la liaison entre l'isolateur 50 et les parties métalliques 16 et 20.

15 Dans l'exemple, l'anode 4 et la face 8 de la pièce 24 peuvent respectivement former des portions de sphères concentriques, auquel cas la zone 14 de focalisation du faisceau d'électrons 12 est ponctuelle, ou des portions de cylindres de révolution coaxiaux,
20 auquel cas cette zone est rectiligne (et parallèle à l'axe commun des cylindres, cet axe étant alors perpendiculaire au plan de la figure 1).

Comme on le voit sur la figure 1, la couche émettrice d'électrons 26 s'arrête un peu avant le bord
25 de la pièce 24 afin de n'accélérer le faisceau d'électrons 12 que dans une zone où le champ électrique, engendré dans l'espace accélérateur (c'est-à-dire l'espace compris entre l'anode et la cathode) par l'application de la tension V_a , n'est pas affecté
30 par des effets de bord.

La focalisation du faisceau d'électrons 12 s'effectue essentiellement par la convergence des lignes de champ électrique dans cet espace accélérateur où, de préférence, le champ ne dépasse guère 160 kV/cm.

5 À titre purement indicatif et nullement limitatif, on crée un faisceau de 250 keV en prévoyant une distance de 1,5 cm entre l'anode 4 et la cathode 6, d'où un champ électrique qui satisfait à la condition ci-dessus.

10 L'anode 4 est constituée d'une mince feuille métallique, de préférence en titane ou en aluminium. En fait, plus l'énergie recherchée pour le faisceau d'électrons est faible, plus cette feuille doit être mince.

15 Pour un faisceau ne dépassant pas 500 keV, on utilise de préférence une feuille dont l'épaisseur est inférieure à 50 micromètres.

Dans le canon à électrons de la figure 1, on peut par exemple utiliser une feuille en titane, de
20 forme sphérique et de rayon de courbure égal à 35 mm, dont l'épaisseur est avantageusement comprise entre 10 μ m et 15 μ m.

L'anode 4, constituant la fenêtre du canon de la figure 1, est pourvue de moyens 54 permettant de
25 projeter de l'air sur au moins une partie de la périphérie de cette fenêtre, par exemple sur la moitié voire la totalité de cette périphérie, afin de refroidir la fenêtre.

Comme on le voit, ces moyens 54 comprennent
30 une arrivée 56 d'air comprimé sur la partie périphérique souhaitée, cette arrivée 56 étant

alimentée en air comprimé par des moyens symbolisés par les flèches 58.

Il est préférable de filtrer très soigneusement l'air que l'on envoie à la périphérie de l'anode pour éviter que des poussières ne s'y trouvent. En effet, ces poussières pourraient aller se coller sur l'anode où elles seraient chauffées par le faisceau d'électrons et pourraient alors provoquer le percement de l'anode.

Le canon à électrons de la figure 1 peut également être équipé de moyens d'aspiration (non représentés) permettant d'effectuer le refroidissement de l'anode avec une atmosphère quasi-contrôlée (par exemple une atmosphère d'azote), en vue d'éviter la formation d'ozone (gaz dangereux) lors du fonctionnement du canon à électrons.

Par ailleurs, avant de faire fonctionner le canon de la figure 1, on fait le vide dans l'enceinte 2 : on y établit un vide secondaire, c'est-à-dire une pression inférieure ou égale à 10^{-5} Pa.

Ce vide peut être maintenu de façon « statique » dans l'enceinte, à condition de n'employer que des techniques « d'ultra-vide » et d'effectuer un dégazage prolongé à haute température, par exemple à 300°C, lors de l'établissement du vide secondaire dans l'enceinte, puis de disposer un getter (non représenté) dans l'enceinte pour y maintenir le vide secondaire ainsi obtenu.

En variante, on peut établir ce vide secondaire dans l'enceinte 2 puis le maintenir de façon

« dynamique », par exemple au moyen d'une pompe ionique 60.

A titre purement indicatif et nullement limitatif, le canon à électrons de la figure 1. forme
5 sensiblement un cylindre de 400 mm de long et 50 mm de diamètre.

Un mode de réalisation préféré du canon à électrons, objet de l'invention, est fondé sur deux principes, à savoir l'accélération en mode pulsé et
10 l'accélération en mode « diode ». Le canon à électrons de la figure 1 est un exemple de ce mode de réalisation préféré.

En ce qui concerne l'accélération en mode pulsé, au lieu d'appliquer une tension permanente
15 d'accélération des électrons à un canon débitant un faible courant électronique, par exemple 10 mA, on applique la tension d'accélération des électrons pendant seulement une faible fraction du temps d'utilisation du canon, de préférence 1 millième de ce
20 temps. Par exemple, on applique cette tension pendant 2 μ s avec un taux de répétition de 500 Hz, mais bien entendu le courant devra être 1000 fois plus élevé et donc valoir 10 A.

Cela présente l'avantage de réduire les
25 contraintes d'isolation électrique qui sont beaucoup moins sévères lorsque l'impulsion est courte (la probabilité de claquage ("breakdown") variant comme la racine carré du temps d'application de la tension). Il en résulte une réduction des encombrements et des coûts
30 aussi bien des générateurs de haute tension que du canon à électrons.

Par ailleurs, la compacité de ce canon présente de nombreux avantages complémentaires, notamment la réduction des volumes de blindage.

La figure 2 montre les variations, en
5 fonction du temps t , d'une haute tension pulsée négative V_a que l'on peut appliquer à la cathode d'un canon à électrons conforme à l'invention, par exemple le canon de la figure 1, pour accélérer les électrons émis par cette cathode.

10 On note V_m la valeur minimale (négative) de cette tension V_a . V_m est donc la valeur de la tension que l'on applique à la cathode, seulement pendant une fraction du temps d'utilisation du canon et de façon périodique.

15 En ce qui concerne l'accélération en mode « diode », il s'agit de la façon la plus simple possible d'accélérer les électrons : ces derniers sont accélérés entre une cathode chaude 62 et une anode 64 qui sont schématiquement représentées sur la figure 3
20 (et correspondent respectivement à la cathode 6 et à l'anode 4 de l'exemple de la figure 1).

On voit également des moyens 66 permettant d'appliquer la tension V_a à la cathode 62, l'anode 64 étant à la masse.

25 Si l'on ajoute à ce mode d'accélération le fait que l'anode joue également le rôle d'une fenêtre nécessaire à la sortie des électrons à l'atmosphère, ceci avec une « étendue de faisceau » bien contrôlée et adaptée à une majorité de cas d'utilisation, on mesure
30 la simplicité du canon à électrons obtenu.

En effet, par rapport à un accélérateur d'électrons classique, on élimine les éléments de focalisation, de déflexion et de transport du faisceau d'électrons, éléments qui sont souvent très complexes et en tout cas encombrants.

Comme on l'a déjà mentionné, l'anode présente une courbure (dans le sens concave pour un observateur placé du côté de l'atmosphère) qui est nécessaire pour supporter la pression atmosphérique malgré la finesse de cette anode et que l'on utilise également pour réaliser la focalisation du faisceau d'électrons 68 (figure 3) directement dans l'espace accélérateur et de manière que la zone focale 70 soit extérieure au canon à électrons.

La figure 4 illustre schématiquement un exemple des moyens 10 d'alimentation électrique du canon à électrons de la figure 1.

Ces moyens 10 permettent à la fois d'appliquer la haute tension pulsée négative V_a à la cathode 6, de polariser le filament 30 par rapport à cette cathode et de chauffer ce filament, l'anode 4 étant à la masse.

Ces moyens 10 comprennent un transformateur 72 qui permet d'obtenir la haute tension pulsée négative. Ce transformateur 72 se caractérise essentiellement par une isolation électrique très poussée, qui peut être avantageusement réalisée par de l'huile, et par une faible inductance de fuite.

Cette dernière est nécessaire à l'obtention de fronts de montée assez raides pour l'impulsion de sortie, la durée de ces fronts de montée étant par

exemple égale à 1 microseconde, pour que le temps d'application de la haute tension proprement dite sur le canon à électrons puisse être réduit au maximum et soit par exemple égal à quelques microsecondes.

5 L'enroulement secondaire 74 de ce transformateur 72 est bobiné au moyen d'un câble 76 à trois conducteurs électriques de façon que l'on puisse non seulement appliquer la haute tension à la cathode mais encore, depuis le potentiel de la masse, assurer
10 le chauffage du filament 30 et appliquer, entre ce filament et la cathode 6, une tension négative V_f permettant de polariser négativement le filament par rapport à la cathode, pour chauffer cette dernière par bombardement électronique, à une température élevée,
15 par exemple de l'ordre de 800°C.

La tension V_f permet ainsi de contrôler la température de la cathode 6. Cette température conditionne elle-même l'émissivité de la cathode.

Il convient de noter que toutes ces
20 commandes, à savoir les commandes d'application de la haute tension pulsée à la cathode, de chauffage du filament et de polarisation du filament par rapport à la cathode, sont effectuées très simplement à partir du potentiel de la masse en dépit de la présence
25 d'impulsions de très haute tension.

Le transformateur 72 est commandé par un pont asymétrique 80 qui est relié à l'enroulement primaire 78 de ce transformateur et prévu pour fournir à celui-ci une tension pulsée négative que le
30 transformateur convertit en haute tension pulsée négative.

Ce pont asymétrique 80 comprend deux transistors de commutation 82 et 84 et deux diodes 86 et 88, ces diodes et transistors étant agencés comme on le voit sur la figure 4. Les deux diodes 86 et 88
5 permettent la démagnétisation du transformateur 72. Les deux transistors 82 et 84 sont de préférence des transistors IGBT, c'est-à-dire des transistors bipolaires à porte isolée.

De plus, les transistors 82 et 84 sont
10 commandés par des moyens non représentés, permettant d'obtenir la pulsation souhaitée pour la tension.

Ces moyens sont par exemple des circuits intégrés de type « driver » optocouplés.

Le pont asymétrique 80 est alimenté par un
15 condensateur 90, sous une tension d'alimentation qui est obtenue par redressement du secteur triphasé 92 au moyen d'un pont de Graetz schématisé par le rectangle 94.

A titre d'exemple, on alimente le pont
20 asymétrique 80 par un condensateur dont la capacité vaut quelques centaines de microfarads, sous une tension de l'ordre de 500 V, qui est obtenue par redressement du secteur triphasé au moyen du pont de Graetz.

25 Les moyens d'alimentation 10 comprennent également un autre transformateur 96 dont l'enroulement primaire est relié au secteur monophasé 98 (220 V-50 Hz). Ce transformateur 96 permet le chauffage du filament 30 au moyen d'un courant alternatif dont la
30 fréquence vaut par exemple 50 Hz, et l'intensité 5A, et sous une tension qui vaut par exemple 6 V.

Les moyens d'alimentation électriques 10 comprennent en outre un générateur 100 prévu pour fournir une tension continue qui assure le contrôle de la température de la cathode 6. Cette tension continue 5 peut, par exemple, être réglable entre 100 V et 500 V.

La cathode 6 est de préférence utilisée en mode saturé. Dans ce cas, la densité du courant qui peut être extrait de l'espace accélérateur (espace compris entre la cathode et l'anode) ne dépend que de 10 la température de cette cathode. Ainsi, le courant débité par le canon à électrons est uniquement contrôlé au moyen de cette tension continue.

Cette tension peut éventuellement être contrôlée par une boucle d'asservissement (non 15 représentée), à partir de la lecture du courant I débité dans une impulsion de haute tension négative fournie à la cathode.

Donnons maintenant des précisions sur l'enroulement secondaire du transformateur 72. Le câble 20 76, à partir duquel est formé cet enroulement, comprend trois conducteurs 102, 104 et 106 qui sont électriquement isolés les uns des autres.

Les conducteurs 102 et 104 relient respectivement les deux bornes du filament 30 aux deux 25 bornes de l'enroulement secondaire du transformateur 96. De plus, le générateur 100 est monté entre la masse et l'extrémité du conducteur 102 qui est située du côté du transformateur 96. En outre, les extrémités du conducteur 106 sont respectivement reliées à la cathode 30 6 et à la masse.

Bien que le fonctionnement en mode pulsé corresponde à un mode de réalisation préféré de l'invention, cette dernière n'est pas limitée à un tel fonctionnement : on peut polariser la cathode par rapport à l'anode d'un canon à électrons conforme à l'invention au moyen d'une tension continue, pour obtenir un fonctionnement en mode continu.

De même, bien que l'utilisation d'une cathode chaude corresponde à un mode de réalisation préféré de l'invention, cette dernière n'est pas limitée à une telle utilisation : on peut utiliser d'autres types de cathodes dans un canon à électrons conforme à l'invention, par exemple une cathode froide, apte à émettre des électrons par effet de champ.

De plus, l'invention n'est pas limitée à la fourniture d'un faisceau d'électrons d'au plus 500 keV : des énergies supérieures sont possibles dans l'invention, en adaptant la polarisation de la cathode par rapport à l'anode d'un canon à électrons conforme à l'invention.

En outre, bien que l'invention soit conçue pour la fourniture d'un faisceau d'électrons dans l'air, il va de soi qu'un canon à électrons conforme à l'invention est utilisable pour fournir un tel faisceau dans le vide.

On a déjà mentionné plus haut diverses applications du canon à électrons objet de l'invention. Ce dernier est particulièrement adapté à ces applications du fait qu'il est susceptible d'être fabriqué de façon compacte et peu coûteuse et qu'il est

apte à produire un faisceau d'électrons de basse énergie et de grande capacité de pénétration.

On donne dans ce qui suit deux exemples d'application de l'invention en faisant référence aux
5 figures 5 et 6.

La figure 5 illustre schématiquement une application de l'invention à la stérilisation d'un film d'emballage 108, par exemple un film de thermoformage ou un film d'operculage.

10 Ce film 108 est mis en tension et déplacé (suivant la flèche F1, de la gauche vers la droite de la figure) sur des rouleaux 110, par des moyens non représentés, à partir d'une bobine 112 sur laquelle il est enroulé. Comme on le voit sur la figure, après son
15 déroulement de la bobine, le film 108 pénètre et se déplace dans une enceinte aseptique 114 qui est mise en surpression par des moyens non représentés.

Un canon à électrons 116 conforme à l'invention, pourvu de moyens de pompage 118 et de
20 moyens de polarisation 120, est prévu à l'entrée de l'enceinte aseptique 114 pour stériliser le film 108 par un faisceau d'électrons 122 fourni par le canon 116, avant la pénétration du film dans l'enceinte.

Le canon est disposé de manière à focaliser
25 le faisceau sur le film 108. Des moyens symbolisés par des flèches F2 sont prévus pour faire effectuer au canon des mouvements de va-et-vient suivant la largeur du film 108, de manière que le faisceau focalisé balaye ce dernier suivant sa largeur et puisse donc balayer
30 tout le film compte tenu du déplacement de ce dernier

suivant la flèche F1, qui est perpendiculaire aux flèches F2.

On peut également utiliser un canon à électrons à focalisation cylindrique pour éviter
5 d'avoir à le déplacer. Dans ce cas, la focale est une ligne de longueur supérieure à la largeur du film en cours de traitement.

La figure 6 illustre schématiquement une autre application de l'invention à la stérilisation de
10 composants d'emballage 124, tels que des capsules ou des bouchons par exemple.

Ces composants 124 sont poussés par un jet d'air stérile (symbolisé par la flèche F3) et à partir de moyens non représentés, dans une canalisation
15 verticale 126 dans laquelle les composants tombent par gravité. Cette canalisation 126 est raccordée à une enceinte aseptique 128 qui est mise en surpression par des moyens non représentés.

À leur arrivée dans cette enceinte, les
20 composants 124 sont saisis par des moyens mécaniques, symbolisés par le rectangle 130, et amenés par ces moyens à d'autres organes non représentés, prévus pour une utilisation des composants dans l'enceinte.

Un canon à électrons 116 conforme à
25 l'invention est encore prévu, avant l'enceinte 128, pour stériliser les composants 124 avant leur entrée dans cette enceinte, au moyen du faisceau d'électrons focalisé 122 fourni par ce canon.

Plusieurs canons à électrons conformes à
30 l'invention peuvent être couplés pour traiter, sans pénétration, la surface des objets dont les formes

peuvent être complexes. Ceci est schématiquement illustré par les figures 7 et 8.

On voit sur la figure 7 trois canons à électrons conformes à l'invention 132a, 132b et 132c, qui sont placés à 120° les uns des autres. L'intersection des faisceaux d'électrons, qui sont respectivement émis par ces canons, recouvre une zone 134 dans laquelle on place un objet 136 de forme complexe, dont on veut traiter la surface par irradiation électronique.

Comme on le voit sur la figure 7, chacun des canons à électrons 132a, 132b ou 132c émet un faisceau 138a, 138b ou 138c dont la divergence, à partir de la zone focale correspondante, n'est pas trop importante, de manière à ne pas irradier les deux autres canons.

Les canons à électrons 132a, 132b et 132c sont pourvus de moyens de pompage 140. Ils sont également pourvus de moyens de commande 142 permettant aux canons d'émettre simultanément des faisceaux pulsés d'électrons.

On voit sur la figure 8 deux canons à électrons conformes à l'invention 144a et 144b, qui sont placés l'un en regard de l'autre de manière à pouvoir irradier une zone comprise entre ces deux canons. Un objet 146 est placé dans cette zone, à peu près à équidistance des deux canons, de manière à pouvoir traiter les deux côtés de l'objet respectivement par les deux faisceaux électroniques 148a et 148b émis par les canons.

Les canons à électrons 144a et 144b sont pourvus de moyens de pompage 150. Ils sont également pourvus de moyens de commande 152 permettant aux canons d'émettre simultanément des faisceaux pulsés d'électrons.

5

On active ces moyens 152 seulement lorsque l'objet 146 est interposé entre les deux canons, pour que l'un de ceux-ci ne soit pas endommagé par le faisceau émis par l'autre et réciproquement.

REVENDICATIONS

1. Canon à électrons comprenant :

- une enceinte étanche (2), prévue pour
5 être sous vide,
 - une cathode (6) qui est placée dans l'enceinte et comporte une face émettrice (8), apte à émettre des électrons,
 - une anode (4) constituant une fenêtre
10 étanche, formée en regard de cette face émettrice dans l'une des parois de l'enceinte, et apte à laisser passer les électrons émis par cette face émettrice, et
 - des moyens de polarisation (10) pour établir, entre l'anode et la cathode, une tension apte
15 à accélérer ces électrons vers l'anode, les électrons ainsi accélérés formant un faisceau (12) qui traverse l'anode,
- ce canon à électrons étant caractérisé en ce que l'anode (4) et la face émettrice (8) présentent chacune
20 une courbure, la courbure de l'anode lui permettant de résister à une différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur de l'enceinte et étant apte à coopérer avec la courbure de la face émettrice pour focaliser le faisceau d'électrons (12) à l'extérieur de l'enceinte.

25

2. Canon à électrons selon la revendication 1, dans lequel la tension établie entre l'anode (4) et la cathode (6) est apte à communiquer aux électrons une énergie inférieure ou égale à 500 keV.

30

3. Canon à électrons selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, dans lequel la face émettrice (8) de la cathode (6) comporte une couche émettrice (26), apte à émettre des électrons
5 lorsqu'elle est chauffée, le canon à électrons comprenant en outre des moyens (28) de chauffage de la cathode et donc de cette couche émettrice.

4. Canon à électrons selon la revendication
10 3, dans lequel ces moyens de chauffage (28) comprennent un filament (30) apte à émettre des électrons lorsqu'il est chauffé et à bombarder la cathode par ces électrons, la cathode et donc la couche émettrice étant ainsi chauffées par bombardement électronique.

15

5. Canon à électrons selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel l'anode (4) et la face émettrice (8) de la cathode forment des portions de sphères concentriques ou des portions de cylindres
20 de révolution coaxiaux.

6. Canon à électrons selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel l'anode (4) comprend une mince feuille métallique dont l'épaisseur
25 est inférieure à 50 micromètres.

7. Canon à électrons selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel les moyens de polarisation (10) sont prévus pour établir une tension
30 pulsée entre l'anode (4) et la cathode (6), en vue d'une accélération des électrons en mode pulsé.

8. Canon d'électrons selon les revendications 4 et 7, dans lequel les moyens de polarisation (10) sont prévus pour porter la cathode (6) à une haute tension pulsée négative par rapport à l'anode (4), cette dernière étant mise à la masse, et ces moyens de polarisation comprennent :

- des moyens auxiliaires (80), aptes à fournir une tension pulsée négative, et
- 10 - un transformateur (72) qui est apte à transformer cette tension pulsée négative en la haute tension pulsée négative,

ce transformateur comprenant un enroulement primaire (78), qui est relié aux moyens auxiliaires (80), et un enroulement secondaire (74) qui comporte trois conducteurs électriques (102, 104, 106), deux de ces conducteurs étant prévus pour le chauffage du filament (30) et la polarisation de ce filament par rapport à la cathode (6), pour que les électrons émis par le filament atteignent cette cathode, le troisième conducteur (106) étant prévu pour porter la cathode à la haute tension pulsée négative.

9. Canon à électrons selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel l'anode (4) est pourvue de moyens de refroidissement (54).

10. Canon à électrons selon la revendication 9, dans lequel ces moyens de refroidissement comprennent des moyens (56) de

projection d'un gaz sur au moins une partie de la périphérie de l'anode (4).

11. Installation d'irradiation électronique
5 d'au moins un objet, cette installation comprenant des moyens d'irradiation de cet objet par un faisceau d'électrons focalisé, installation dans laquelle les moyens d'irradiation comprennent le canon à électrons (116) selon l'une quelconque des revendications 1 à 10.

10

12. Installation de stérilisation électronique d'objets, notamment de composants d'emballage, cette installation comprenant des moyens d'irradiation de ces objets par un faisceau d'électrons
15 focalisé, installation dans laquelle les moyens d'irradiation comprennent le canon à électrons (116) selon l'une quelconque des revendications 1 à 10.

1 / 5

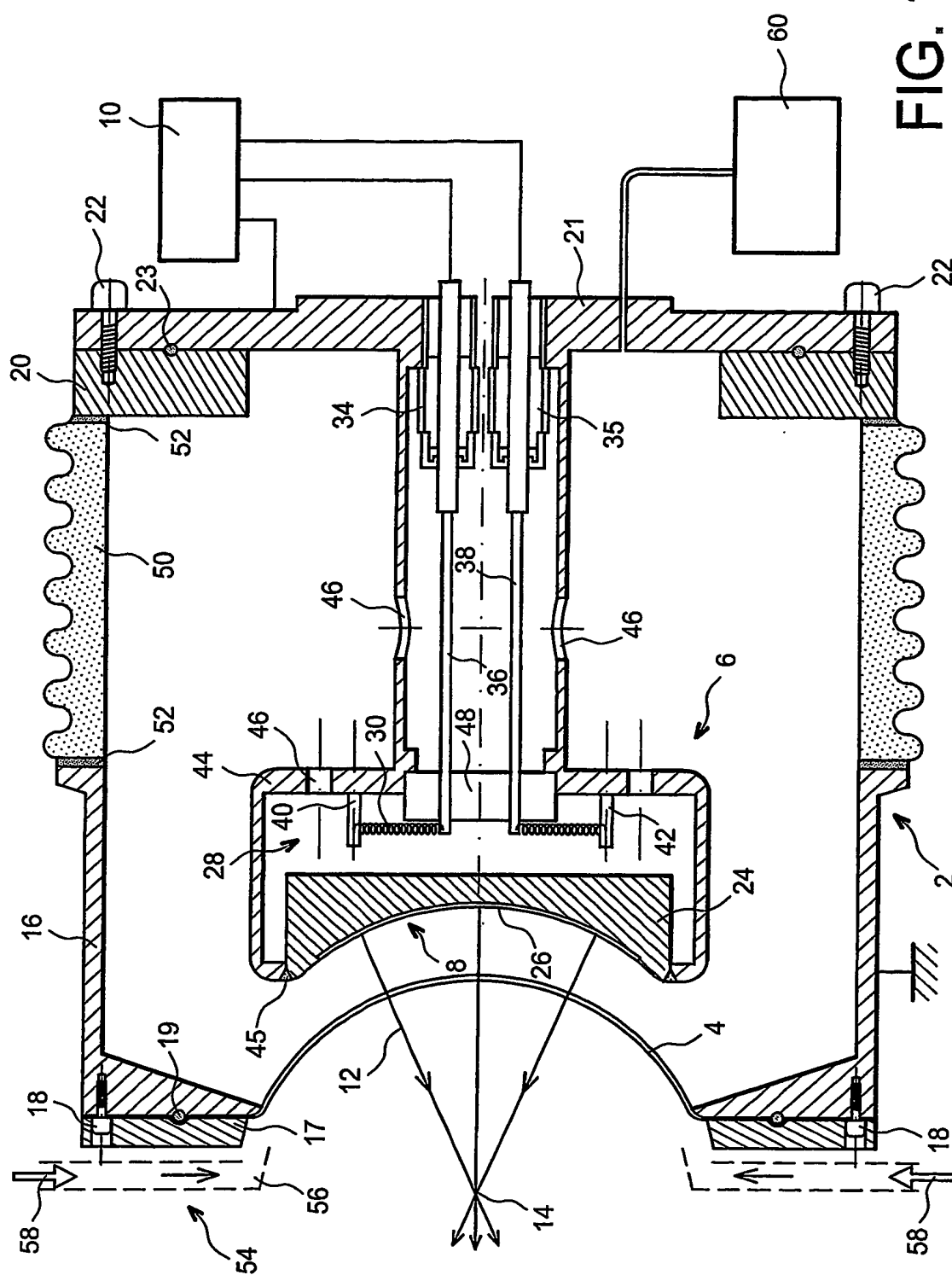


FIG. 1

2 / 5

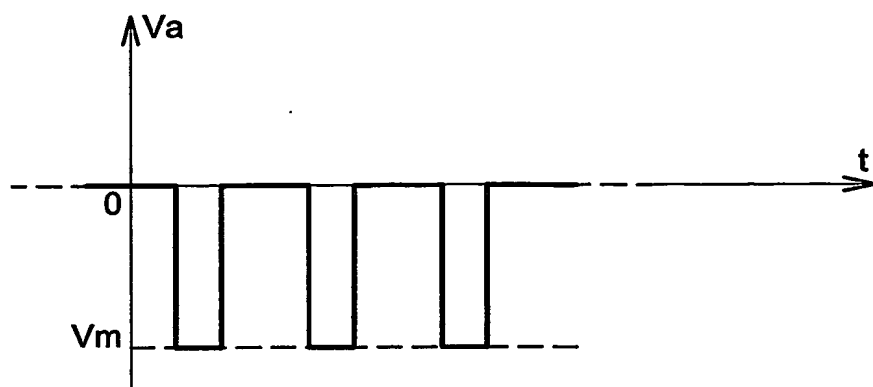


FIG. 2

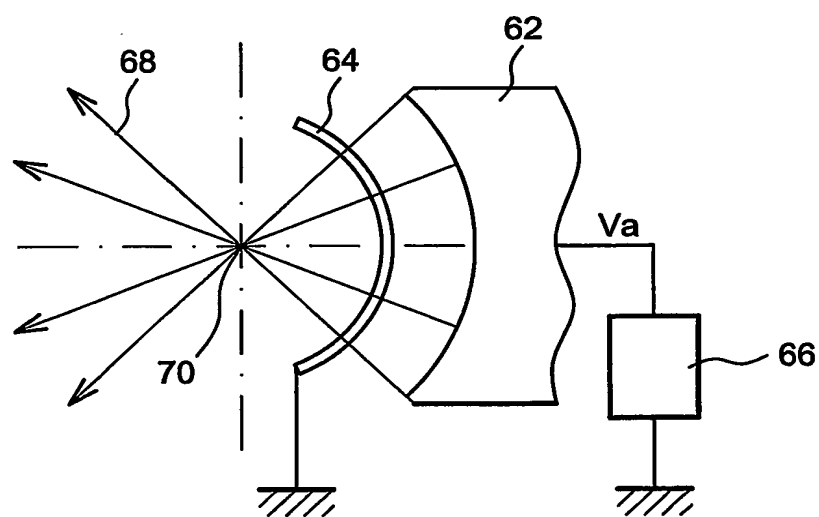


FIG. 3

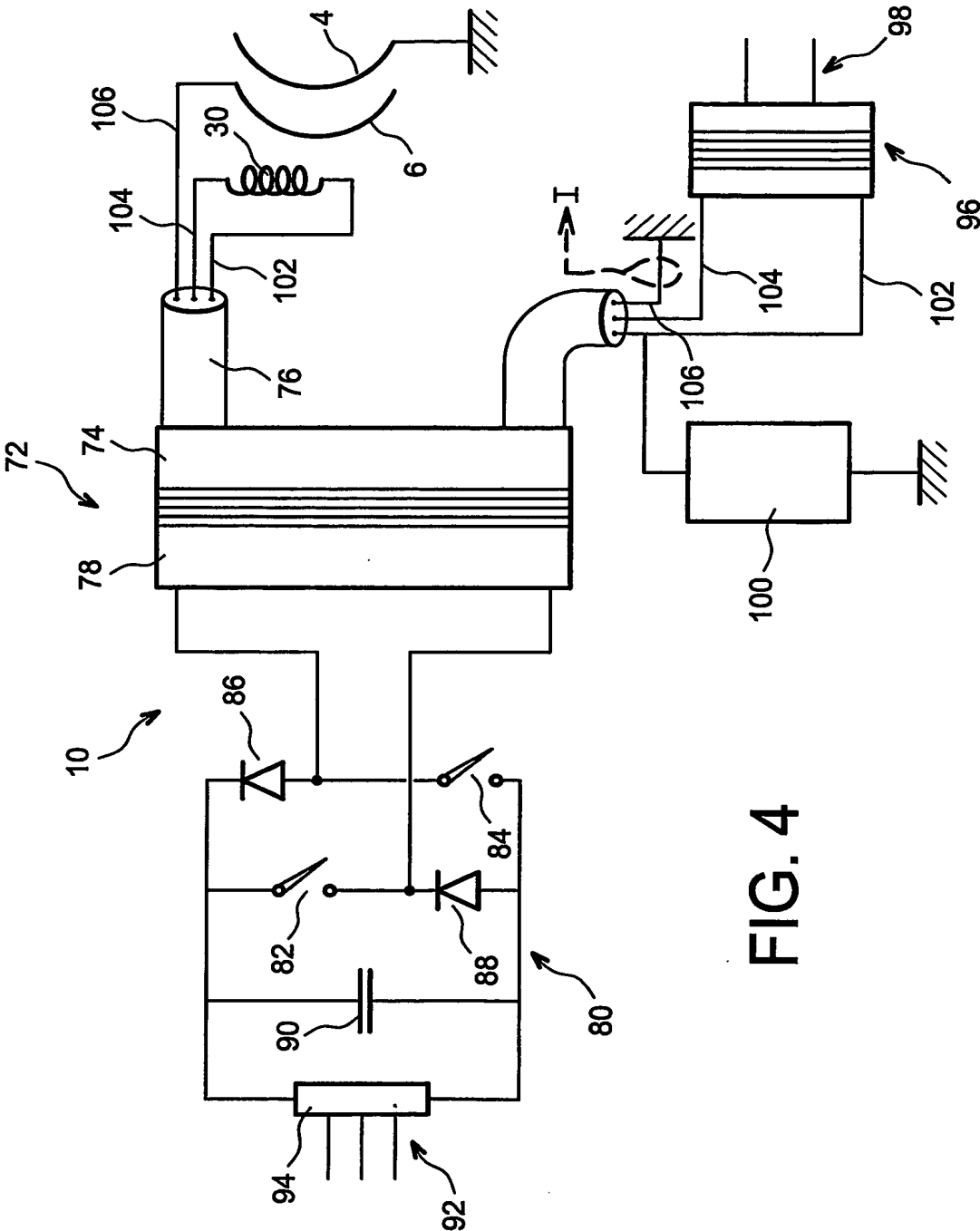


FIG. 4

4 / 5

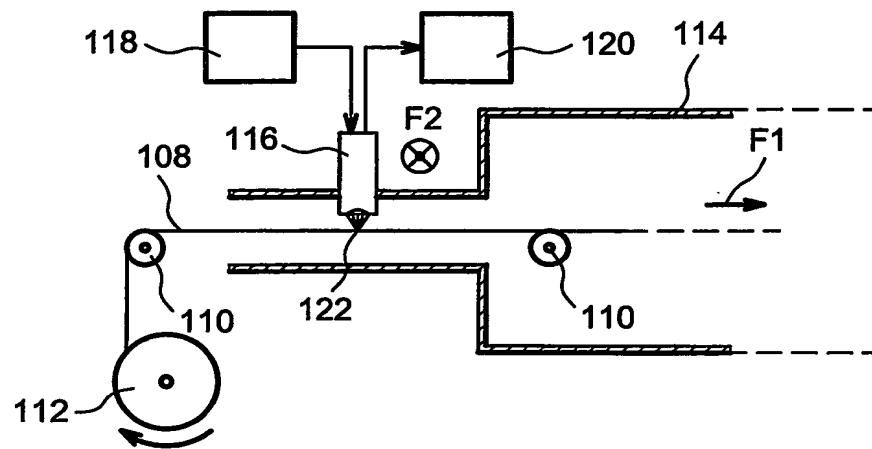


FIG. 5

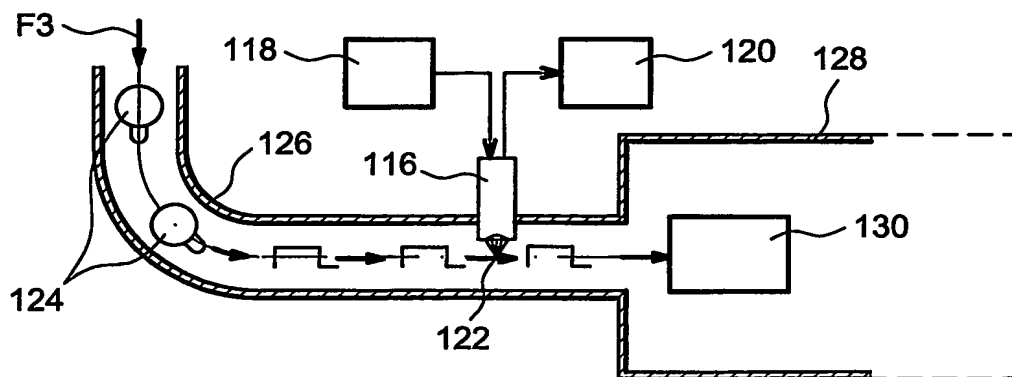


FIG. 6

5 / 5

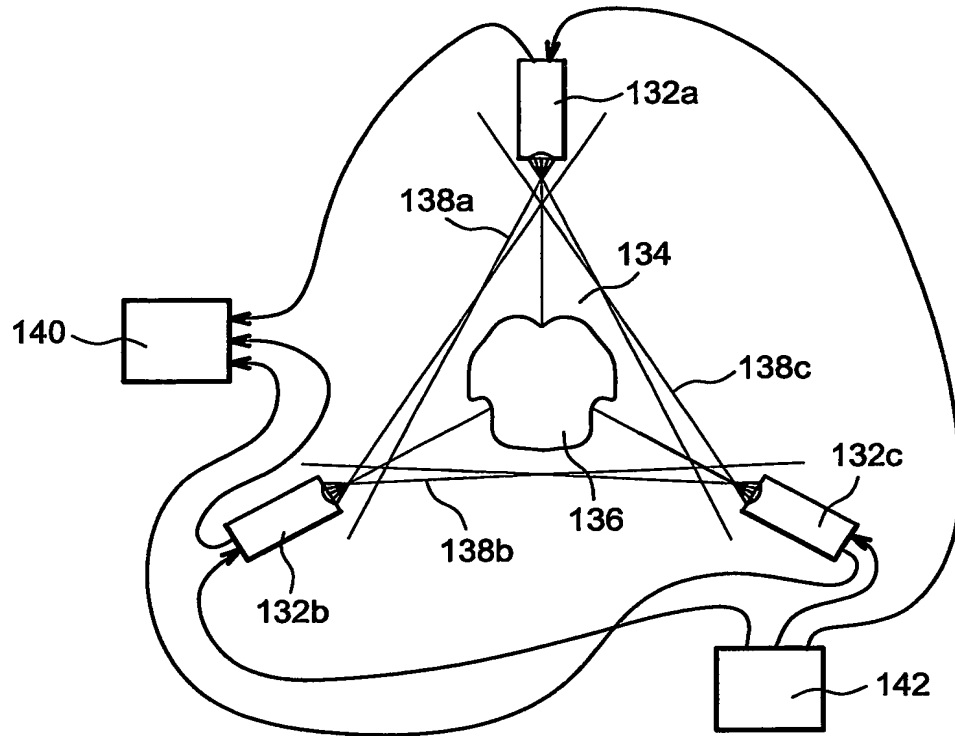


FIG. 7

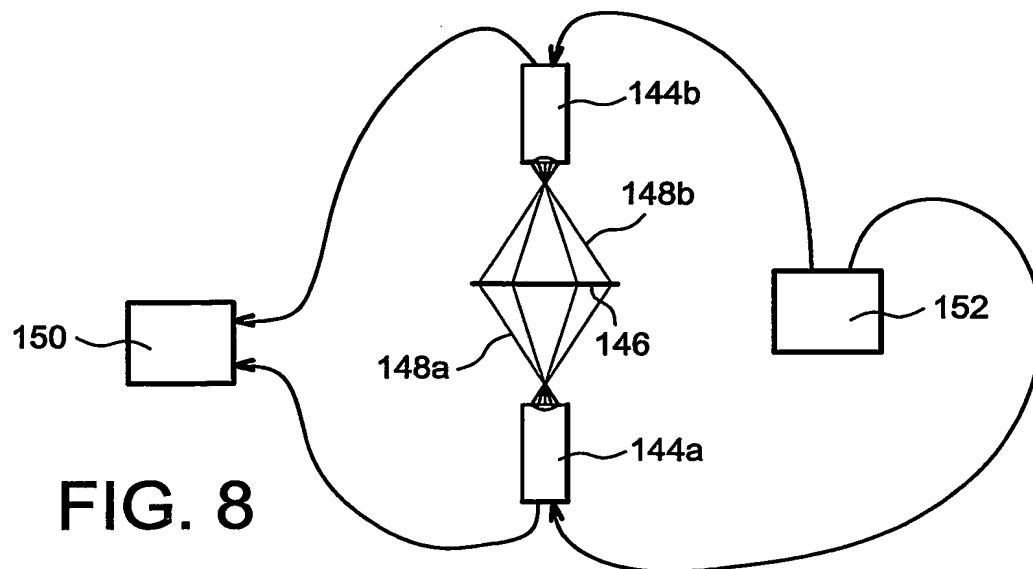


FIG. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR2004/002669

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01J33/00 H01J33/04 G21K5/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01J G21K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No
A	US 4 721 967 A (ROCHE MICHEL) 26 January 1988 (1988-01-26) cited in the application claim 1	1-12
A	US 4 305 000 A (CHEEVER RICHARD N) 8 December 1981 (1981-12-08) cited in the application claim 10	1-12
A	GB 2 153 140 A (ENGLISH ELECTRIC VALVE CO LTD) 14 August 1985 (1985-08-14) page 8, lines 79-123; claims 1-3,25,26	1-12
A	US 5 175 436 A (PUUMALAINEN PERTTI) 29 December 1992 (1992-12-29) the whole document	1-12
	----- -/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C

☒ Patent family members are listed in annex

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance, the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance, the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

31 March 2005

Date of mailing of the international search report

15/04/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P B 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Weisser, W

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR2004/002669

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No
A	US 3 406 304 A (BREWSTER JOHN L) 15 October 1968 (1968-10-15) the whole document -----	1-12
A	C.S BULL ET AL.: "an electrostatic electron gun for electron beam welding" 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRON BEAM WELDING AND MELTING, 1970, XP008030888 the whole document -----	1-12
P,A	FR 2 844 916 A (GAUDEL JACQUES JEAN JOSEPH) 26 March 2004 (2004-03-26) claim 1 -----	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/FR2004/002669

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4721967	A	26-01-1988	FR 2581212 A1 DE 3664400 D1 EP 0203835 A1 JP 61258564 A	31-10-1986 17-08-1989 03-12-1986 15-11-1986
US 4305000	A	08-12-1981	AT 4171 T AT 21301 T AU 530337 B2 CA 1118180 A1 CA 1128724 A2 CA 1128725 A2 DE 2965947 D1 DE 2967614 D1 DK 464379 A EP 0011414 A1 EP 0054016 A2 ES 8100845 A1 ES 8101892 A1 JP 1302387 C JP 55120872 A JP 60019618 B RU 2052224 C1 US 4367412 A	15-08-1983 15-08-1986 14-07-1983 16-02-1982 03-08-1982 03-08-1982 25-08-1983 11-09-1986 04-05-1980 28-05-1980 16-06-1982 16-02-1981 01-04-1981 14-02-1986 17-09-1980 17-05-1985 10-01-1996 04-01-1983
GB 2153140	A	14-08-1985	AT 79979 T DE 3485897 D1 DE 3485897 T2 EP 0146383 A2 US 4698546 A JP 61034837 A	15-09-1992 01-10-1992 07-01-1993 26-06-1985 06-10-1987 19-02-1986
US 5175436	A	29-12-1992	FI 890494 A AU 4956390 A DD 294609 A5 DE 4090107 T WO 9009030 A1 JP 4504483 T SE 469305 B SE 9101934 A	03-08-1990 24-08-1990 02-10-1991 21-11-1991 09-08-1990 06-08-1992 14-06-1993 24-06-1991
US 3406304	A	15-10-1968	NONE	
FR 2844916	A	26-03-2004	FR 2844916 A1	26-03-2004

BEST AVAILABLE COPY

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Di Internationale No
PCT/FR2004/002669

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 H01J33/00 H01J33/04 G21K5/00

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 H01J G21K

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 4 721 967 A (ROCHE MICHEL) 26 janvier 1988 (1988-01-26) cité dans la demande revendication 1	1-12
A	US 4 305 000 A (CHEEVER RICHARD N) 8 décembre 1981 (1981-12-08) cité dans la demande revendication 10	1-12
A	GB 2 153 140 A (ENGLISH ELECTRIC VALVE CO LTD) 14 août 1985 (1985-08-14) page 8, ligne 79-123; revendications 1-3,25,26	1-12
A	US 5 175 436 A (PUUMALAINEN PERTTI) 29 décembre 1992 (1992-12-29) le document en entier	1-12
	-/--	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- "X" document particulièrement pertinent, l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- "Z" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

31 mars 2005

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

15/04/2005

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P B 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Weisser, W

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

C Internationale No
PCT/FR2004/002669

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no des revendications visées
A	US 3 406 304 A (BREWSTER JOHN L) 15 octobre 1968 (1968-10-15) le document en entier -----	1-12
A	C.S BULL ET AL.: "an electrostatic electron gun for electron beam welding" 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRON BEAM WELDING AND MELTING, 1970, XP008030888 le document en entier -----	1-12
P,A	FR 2 844 916 A (GAUDEL JACQUES JEAN JOSEPH) 26 mars 2004 (2004-03-26) revendication 1 -----	1-12

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Document Internationale No

PCT/FR2004/002669

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4721967	A	26-01-1988	FR 2581212 A1	31-10-1986
			DE 3664400 D1	17-08-1989
			EP 0203835 A1	03-12-1986
			JP 61258564 A	15-11-1986
US 4305000	A	08-12-1981	AT 4171 T	15-08-1983
			AT 21301 T	15-08-1986
			AU 530337 B2	14-07-1983
			CA 1118180 A1	16-02-1982
			CA 1128724 A2	03-08-1982
			CA 1128725 A2	03-08-1982
			DE 2965947 D1	25-08-1983
			DE 2967614 D1	11-09-1986
			DK 464379 A	04-05-1980
			EP 0011414 A1	28-05-1980
			EP 0054016 A2	16-06-1982
			ES 8100845 A1	16-02-1981
			ES 8101892 A1	01-04-1981
			JP 1302387 C	14-02-1986
			JP 55120872 A	17-09-1980
			JP 60019618 B	17-05-1985
			RU 2052224 C1	10-01-1996
			US 4367412 A	04-01-1983
GB 2153140	A	14-08-1985	AT 79979 T	15-09-1992
			DE 3485897 D1	01-10-1992
			DE 3485897 T2	07-01-1993
			EP 0146383 A2	26-06-1985
			US 4698546 A	06-10-1987
			JP 61034837 A	19-02-1986
US 5175436	A	29-12-1992	FI 890494 A	03-08-1990
			AU 4956390 A	24-08-1990
			DD 294609 A5	02-10-1991
			DE 4090107 T	21-11-1991
			WO 9009030 A1	09-08-1990
			JP 4504483 T	06-08-1992
			SE 469305 B	14-06-1993
			SE 9101934 A	24-06-1991
US 3406304	A	15-10-1968	AUCUN	
FR 2844916	A	26-03-2004	FR 2844916 A1	26-03-2004

BEST AVAILABLE COPY